

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-204141

(43)Date of publication of application : 19.07.2002

(51)Int.Cl. H03H 9/215

H03H 9/19

// G01C 19/56

G01P 9/04

(21)Application number : 2001-029884

(71)Applicant : PIEDEKKU GIJUTSU
KENKYUSHO:KK

(22)Date of filing : 06.02.2001

(72)Inventor : KAWASHIMA HIROFUMI

(30)Priority

Priority number : 2000332160

Priority date : 31.10.2000

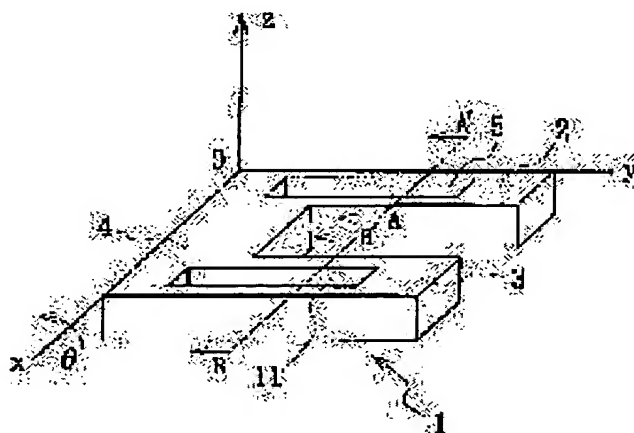
Priority country : JP

(54) INFLECTIVE QUARTZ OSCILLATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a miniature tuning fork type inflective quartz oscillator having a small equivalent series resistance R1.

SOLUTION: Grooves are made in the upper and lower surfaces in the center of a tuning fork arm while holding the neutral line thereof between and electrodes are provided in the grooves and the side face thus constituting a tuning fork type bending crystal unit. Since grooves are provided while holding the neutral line of the tuning fork arm between, an electric field acts vertically. Consequently, electromechanical conversion efficiency is improved and a tuning fork type inflective quartz oscillator having a small equivalent series resistance R1 is obtained. At the same time, Q-value is increased.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

10.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-204141
(P2002-204141A)

(43) 公開日 平成14年7月19日 (2002.7.19)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 3 H 9/215		H 0 3 H 9/215	2 F 1 0 5
	9/19		J 5 J 1 0 8
// G 0 1 C 19/56		G 0 1 C 19/56	
G 0 1 P 9/04		G 0 1 P 9/04	

審査請求 有 請求項の数12 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-29884(P2001-29884)
(22) 出願日 平成13年2月6日 (2001.2.6)
(31) 優先権主張番号 特願2000-332160(P2000-332160)
(32) 優先日 平成12年10月31日 (2000.10.31)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

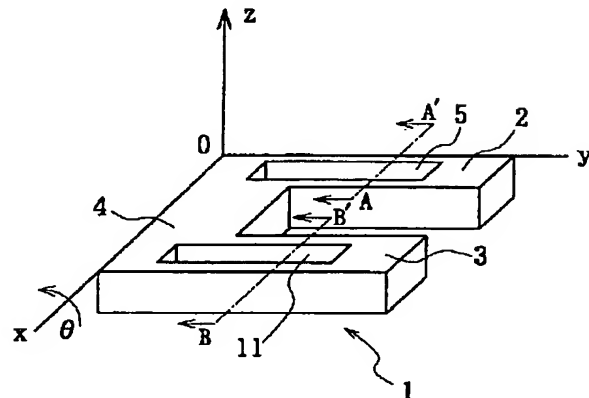
(71) 出願人 500505197
有限会社ピエデック技術研究所
東京都中野区上高田1-44-1
(72) 発明者 川島 宏文
東京都中野区上高田1-44-1 有限会社
ピエデック技術研究所内
(74) 代理人 100072051
弁理士 杉村 興作 (外1名)
Fターム(参考) 2F105 BB02 BB14 CC01 CD02 CD06
5J108 BB02 CC06 CC09 DD05

(54) 【発明の名称】 屈曲水晶振動子

(57) 【要約】

【課題】 等価直列抵抗 R_1 の小さい超小型の音叉型屈曲水晶振動子を提供することにある。

【解決手段】 音叉腕の中立線を挟んだ中央部の上下面に溝を設け、当該溝と側面に電極を設け、音叉形状に構成されている。音叉腕の中立線を挟んで溝を設けるので、電界が垂直に働く。その結果、電気機械変換効率が良くなるので、等価直列抵抗 R_1 の小さい音叉型屈曲水晶振動子が得られる。同時に、Q値が高くなる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 音叉腕の中立線を挟んだ中央部の上下面に溝が設けられ、当該溝には同極となる電極が、側面には異電極が配置され、一方の音叉腕の溝の電極と他方の音叉腕の側面電極とは同極になり、更に、一方の音叉腕の側面電極と他方の音叉腕の溝の電極とは同極となるように構成された事の特徴とする屈曲水晶振動子。

【請求項2】 音叉型屈曲水晶振動子の音叉腕の中立線を挟んだ中央部と、各音叉腕を連結する基部とに溝が設けられた事の特徴とする屈曲水晶振動子。

【請求項3】 前記各音叉腕の側面と溝及び前記基部の溝に電極が配置され、且つ隣接する電極が異電極となるように構成された事の特徴とする請求項2項記載の屈曲水晶振動子。

【請求項4】 2個の前記音叉型屈曲水晶振動子が音叉基部で接続され、且つ、一体に形成されている事の特徴とする請求項1項記載の屈曲水晶振動子。

【請求項5】 音叉腕と音叉基部とが一体に形成されて屈曲振動モードで振動する音叉型屈曲水晶振動子において、

前記音叉腕の中立線を挟んだ幅方向略中央部の上下面に各々1個の溝が設けられ、前記上下面の溝には同極となる電極が、側面には前記溝の前記電極と異なる極の電極が配置されるとともに、一方の前記音叉腕の溝に配置された電極と他方の前記音叉腕の側面に配置された電極とが同極とされ、更に、前記一方の音叉腕の側面に配置された電極と前記他方の音叉腕の溝に配置された電極とが同極とされた事の特徴とする屈曲水晶振動子。

【請求項6】 屈曲振動モードで振動する音叉型屈曲水晶振動子の前記音叉腕に設けられた溝の両側面に電極が配置され、前記溝側面の電極とその電極に対抗する腕側面の電極とが互いに異極となる2電極端子を構成された事の特徴とする請求項1又は請求項5記載の屈曲水晶振動子。

【請求項7】 前記音叉腕の中立線を挟んだ中央部に設けられた溝は、各音叉腕が連結された音叉基部にまで延在している事の特徴とする請求項1又は請求項5記載の屈曲水晶振動子。

【請求項8】 音叉腕と音叉基部とを具えて構成されて屈曲振動モードで振動する音叉型屈曲水晶振動子の前記音叉腕と連結する前記音叉基部の部分に複数の溝が設けられ、当該溝に電極が配置された事の特徴とする屈曲水晶振動子。

【請求項9】 前記各音叉腕と連結する前記音叉基部の部分の上下面に各々1個の溝が設けられ前記上下面の各々の前記溝同士の間更に溝が設けられたことを特徴とする請求項8記載の屈曲水晶振動子。

【請求項10】 上下面の溝の音叉基部の厚さ方向に対抗して配置された電極は互いに同極となるようにされ、且つ、同一面の隣接する溝の側面に対抗して配置された

電極は互いに異極となるように配置されている事の特徴とする請求項8又は請求項9記載の屈曲水晶振動子。

【請求項11】 音叉腕と音叉基部とを具えて構成され一体に形成される音叉型屈曲水晶振動子において、前記音叉腕の幅方向の上下面に各々1個の段差を設け前記段差の段差部に電極が配置され前記電極に対抗する前記音叉腕の側面には異極となる電極が配置されていることを特徴とする屈曲水晶振動子。

【請求項12】 複数の前記音叉型屈曲水晶振動子が前記音叉基部で互いに接続され、且つ、一体に形成されている事の特徴とする請求項5又は請求項8又は請求項11に記載の屈曲水晶振動子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は屈曲水晶振動子の形状及び電極構成に関する。特に、小型化、高精度化、耐衝撃性、低廉化の要求の強い携帯機器用の基準信号源として最適な新形状、新電極構成の屈曲水晶振動子に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の技術としては、音叉型水晶振動子がよく知られている。図22にこの従来例の概観図を示す。図22に於いて水晶振動子200は2本の音叉腕201、202を具えている。励振電極は音叉腕の表裏面と側面に配置されている。図23には図22の音叉腕の断面図を示す。音叉腕の断面形状は一般的には長方形をしている。一方の音叉腕の断面の上面には電極203が下面には電極204が配置されている。側面には電極205と206が設けられている。他方の音叉腕の上面には電極207が下面には電極208が、更に側面には電極209、210が配置され2電極端子H-H'構造を成している。今、H-H'間に直流電圧を印加すると電界は矢印方向に働く。その結果、一方の音叉腕が内側に曲がると他方の音叉腕も内側に曲がる。この理由は、x軸方向の電界成分 E_x が各音叉腕の内部で方向が反対になるためである。交番電圧を印加することにより振動を持続することができる。このように、従来の音叉型屈曲水晶振動子は、その水晶振動子の用途に対応した、互いに同一寸法形状の複数本の音叉腕を有している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】音叉型屈曲水晶振動子では、電界成分 E_x が大きいほど損失等価直列抵抗 R_1 が小さくなり、品質係数Q値が大きくなる。しかしながら、従来から使用されている音叉型屈曲水晶振動子は、図23で示したように、各音叉腕の表裏側面の4面に電極を配置している。そのために電界が直線的に働かず、かかる音叉型屈曲振動子を小型化させると、電界成分 E_x が小さくなってしまい、損失等価直列抵抗 R_1 が大きくなり、品質係数Q値が小さくなるなどの課題が残されていた。このようなことから、超小型で、品質係数Q値

が高くなるような新形状で、電気機械変換効率の良い電極配置構成を具える音叉型の屈曲水晶振動子が所望されていた。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は、以下の方法で従来の課題を有利に解決した屈曲水晶振動子を提供することを目的とするものである。

【0005】すなわち、本発明の屈曲水晶振動子の第1の態様は、音叉腕の中立線を挟んだ中央部の上下面に溝が設けられ、当該溝には同極となる電極が、側面には異電極が配置され、一方の音叉腕の溝の電極と他方の音叉腕の側面電極とは同極になり、更に、一方の音叉腕の側面電極と他方の音叉腕の溝の電極とは同極となるように構成することにより課題を解決している。

【0006】本発明の屈曲水晶振動子の第2の態様は、音叉型屈曲水晶振動子の音叉腕の中立線を挟んだ中央部と、各音叉腕を連結する基部とに溝が設けられた屈曲水晶振動子である。

【0007】本発明の屈曲水晶振動子の第3の態様は、前記各音叉腕の側面と溝及び前記基部の溝に電極が配置され、且つ隣接する電極が異電極となるように構成された第2の態様に記載の屈曲水晶振動子である。

【0008】本発明の屈曲水晶振動子の第4の態様は、2個の前記音叉型屈曲水晶振動子が音叉基部で接続され、且つ、一体に形成されている第1の態様に記載の屈曲水晶振動子である。

【0009】本発明の屈曲水晶振動子の第5の態様は、音叉腕と音叉基部とが一体に形成されて屈曲振動モードで振動する音叉型屈曲水晶振動子において、前記音叉腕の中立線を挟んだ幅方向略中央部の上下面に各々1個の溝が設けられ、前記上下面の溝には同極となる電極が、側面には前記溝の前記電極と異なる極の電極が配置されるとともに、一方の前記音叉腕の溝に配置された電極と他方の前記音叉腕の側面に配置された電極とが同極とされ、更に、前記一方の音叉腕の側面に配置された電極と前記他方の音叉腕の溝に配置された電極とが同極とされた屈曲水晶振動子である。

【0010】本発明の屈曲水晶振動子の第6の態様は、屈曲振動モードで振動する音叉型屈曲水晶振動子の前記音叉腕に設けられた溝の両側面に電極が配置され、前記溝側面の電極とその電極に対抗する腕側面の電極とが互いに異極となる2電極端子を構成された第1の態様又は第5の態様に記載の屈曲水晶振動子である。

【0011】本発明の屈曲水晶振動子の第7の態様は、前記音叉腕の中立線を挟んだ中央部に設けられた溝は、各音叉腕が連結された音叉基部にまで延在している第1の態様又は第5の態様に記載の屈曲水晶振動子である。

【0012】本発明の屈曲水晶振動子の第8の態様は、音叉腕と音叉基部とを具えて構成されて屈曲振動モードで振動する音叉型屈曲水晶振動子の前記音叉腕と連結す

る前記音叉基部の部分に複数個の溝が設けられ当該溝に電極が配置された屈曲水晶振動子である。

【0013】本発明の屈曲水晶振動子の第9の態様は、前記各音叉腕と連結する前記音叉基部の部分の上下面に各々1個の溝が設けられ前記上下面の各々の前記溝同士の間更に溝が設けられた第8の態様に記載の屈曲水晶振動子である。

【0014】本発明の屈曲水晶振動子の第10の態様は、上下面の溝の音叉基部の厚さ方向に対抗して配置された電極は互いに同極となるようにされ、且つ、同一面の隣接する溝の側面に対抗して配置された電極は互いに異極となるように配置されている第8の態様又は第9の態様に記載の屈曲水晶振動子である。

【0015】本発明の屈曲水晶振動子の第11の態様は、音叉腕と音叉基部とを具えて構成され一体に形成される音叉型屈曲水晶振動子において、前記音叉腕の幅方向の上下面に各々1個の段差を設け前記段差の段差部に電極が配置され前記電極に対抗する前記音叉腕の側面には異極となる電極が配置されている屈曲水晶振動子である。

【0016】本発明の屈曲水晶振動子の第12の態様は、複数個の前記音叉型屈曲水晶振動子が前記音叉基部で互いに接続され、且つ、一体に形成されている第5の態様又は第8の態様又は第11の態様に記載の屈曲水晶振動子である。

【0017】

【作用】このように、本発明は音叉型屈曲水晶振動子で、しかも、音叉腕の中立線を挟んだ中央部に溝を設け、且つ、電極を配置することにより、電氣的諸特性に優れた超小型の音叉屈曲水晶振動子が得られる。

【0018】加えて、音叉腕に設けた溝を、各音叉腕と連結する音叉基部の部分まで延在させることで、音叉基部における歪の量を著しく小さくさせることができる。これにより、等価直列抵抗 R_1 が小さくなり、品質係数 Q 値の高い超小型の音叉型の屈曲水晶振動子を得ることができる。

【0019】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づき具体的に述べる。

(実施例1) 図1は、本発明の第1実施例の音叉型屈曲水晶振動子1の外観図とその座標系を示すものである。座標系は原点0、電気軸 x 、機械軸 y 、光軸 z からなり $0-x-y-z$ を構成している。本実施例の音叉型屈曲水晶振動子1は音叉腕2、音叉腕3と音叉基部4とから成り、音叉腕2と音叉腕3とは音叉基部4に接続されている。更に、音叉腕2の上面には中立線を挟んで溝5が設けられ、又、音叉腕3の上面には音叉腕2と同様に溝11が設けられている。なお、角度 θ は、 x 軸廻りの回転角であり、通常、 $0 \sim 10^\circ$ の範囲で選ばれる。

【0020】図2は図1の音叉型屈曲水晶振動子1の断

面図を示す。ここでは、図1中の、音叉腕2のA-A'断面図を、図2において紙面の右側に示し、又、図1中の、音叉腕3のB-B'断面図を図2において紙面の左側に示す。音叉腕2の上下面には中立線17(図3参照)を挟んで溝5、6が設けられている。更に、溝5には電極7が、溝6には電極8が配置され、その側面には電極9、10が配置されていて、電極7、8と電極9、10とは異電極となるように構成されている。

【0021】音叉腕3の上下面にも音叉腕2と同様に中立線18(図3参照)を挟んで溝11、12が設けられている。そして、溝11には電極13が、溝12には電極14が配置されている。更に、その側面には電極15、16が配置されていて、電極13、14と電極15、16とは互いに異電極となるように構成されている。又、音叉腕2と音叉腕3との電極は図2に示すように接続されて、2電極端子構造C-C'を形成する。今、電極端子C-C'間に直流電圧を印加すると、音叉腕2と音叉腕3とは電界E_xが各矢印方向に働く。この電界E_xは音叉腕内で電極に垂直に、すなわち直線的に働くので、電界E_xが大きくなり、歪の発生が大きくなる。その結果、音叉型屈曲水晶振動子1を小型化した場合でも損失等価直列抵抗R₁の小さい、品質係数Q値の高い音叉型屈曲水晶振動子が得られる。

【0022】図3は図1の音叉型屈曲水晶振動子1の上面図を示す。図3では溝5、11の配置及び寸法等を詳述する。すなわち、この実施例の音叉型屈曲水晶振動子1には、音叉腕2の中立線17を挟むようにして溝5が設けられ、他方の音叉腕3にも中立線18を挟んで溝11が設けられている。そして、それら溝5および溝11の幅W₂は、中立線17と中立線18とを挟んだ寸法とすることが好ましい。この理由は、屈曲モードを引き起こすとき、音叉腕2、3の振動を容易にすることができ、この結果、等価直列抵抗R₁を小さくすることができ、品質係数Q値の高い振動子を実現できる。

【0023】更に、音叉腕2、3の全幅Wは $W=W_1+W_2+W_3$ で与えられ、通常は $W_1=W_3$ となるように設計される。又、溝幅W₂は $W_2 \geq W_1, W_3$ を満足する条件で設計される。一方、溝5および溝11の長さl₁については、溝5、11が、音叉腕2、3から音叉基部4の長さl₂にまで延在するような寸法とされている。また、音叉型屈曲水晶振動子1の全長lは要求される周波数や収納容器の大きさから決定される。なお、図4は図3の音叉型屈曲水晶振動子1を下方からみた図で、厚さmの振動子であることを示している。また、この実施例では、音叉基部4は、図3中、振動子1の長さl₂の下側部分全体とされ、又、音叉腕2及び音叉腕3は、図3中、振動子1の長さl₂の部分から上側の部分全体とされている。(以下、その他の実施例についても、音叉腕および音叉基部を同様に定義するものとする。)

【0024】(実施例2)図5は、本発明の第2実施例の音叉型屈曲水晶振動子19の外観図とその座標系を示すものである。この実施例の音叉型屈曲水晶振動子19では、先に述べた第1実施例における音叉型屈曲水晶振動子1と同様に、音叉腕20と音叉腕26とに、溝21と溝27とがそれぞれ設けられるとともに、さらに、音叉基部40に、溝32と溝36とが設けられている。

【0025】図6は、図5の音叉型屈曲水晶振動子19の音叉基部40のD-D'断面図を示す。図6では図5の水晶振動子の音叉基部40の断面形状並びに電極配置について詳述する。音叉腕20と連結する音叉基部40には溝21、22が設けられている。同様に、音叉腕26と連結する音叉基部40には溝27、28が設けられている。更に、溝21と溝27との間には溝32と溝36とが設けられている。又、溝22と溝28との間には溝33と溝37とが設けられている。そして、溝21と溝22とには電極23、24が、溝32と溝33とには電極34、35が、溝36と溝37とには電極38、39が、溝27と溝28とには電極29、30が配置され、音叉基部40の両側面には電極25、31が配置されている。

【0026】更に、電極25、29、30、34、35は一方の同極に、電極23、24、31、38、39は他方の同極になるように配置されていて、2電極端子構造E-E'を構成する。即ち、z軸方向に対抗する溝電極は同極に、且つ、x軸方向に隣接する電極は異極になるように構成されている。今、2電極端子E-E'に直流電圧を印加(E端子に正、E'端子に負)すると電界E_xは図6に示した矢印のように働く。電界E_xは水晶振動子の側面と溝内の側面とに配置された電極により電極に垂直に、即ち、直線的に引き出されるので、電界E_xが大きくなり、その結果、発生する歪の量も大きくなる。従って、音叉型屈曲水晶振動子を小型化させた場合でも、等価直列抵抗R₁の小さい、品質係数Q値の高い音叉型屈曲水晶振動子が得られる。

【0027】図7は図5の音叉型屈曲水晶振動子19の上面図を示すものである。図7では溝21、27の配置について特に詳述する。音叉腕20の中立線41を挟むようにして溝21が設けられている。他方の音叉腕26も中立線42を挟むようにして溝27が設けられている。更に、本実施例の音叉型屈曲水晶振動子19では、音叉基部40の、溝21と溝27との間に挟まれた部分にも溝32と溝36とが設けられている。それら溝21、27及び溝32、36を設けたことで、音叉型屈曲水晶振動子19には、先に述べたように、電界E_xが図6に示した矢印のように働き、電界E_xは水晶振動子の側面と溝内の側面とに配置された電極により電極に垂直に、即ち、直線的に引き出されるので、電界E_xが大きくなり、その結果、発生する歪の量も大きくなる。このように、本実施例の音叉型屈曲水晶振動子19の形状と

電極構成とは、音叉型屈曲水晶振動子を小型化した場合でも電気的諸特性に優れた、即ち、等価直列抵抗 R_1 の小さい、品質係数 Q 値の高い水晶振動子を実現できる。尚、幅寸法 $W=W_1+W_2+W_3$ と長さ寸法 l_1, l_2 については先に述べた実施例1と同様の寸法条件とすることが望ましく、これらの寸法条件は、既に図3の説明の際に詳述したので、ここでは省略する。

【0028】(実施例3) 図8は、本発明の第3実施例の音叉型屈曲水晶振動子の上面図である。この実施例の音叉型屈曲水晶振動子は、各々二本の音叉腕を持つ2個の音叉型屈曲水晶振動子101および102を、角度 ϕ にて、互いの音叉基部103で一体に形成したものである。又、一方の音叉型屈曲水晶振動子101の音叉腕104と音叉腕106とには各々溝105と溝107とが設けられている。他方の音叉型屈曲水晶振動子102の音叉腕108と音叉腕110とには溝109と溝111とが設けられている。このように両音叉型屈曲水晶振動子101、102に角度 ϕ を持たせると、各水晶振動子には異なる周波数温度特性を持たせることができる。更に、これらの水晶振動子を電気的に並列に接続することにより、音叉型屈曲水晶振動子の周波数温度特性を改善することができる。また図9に、両音叉型屈曲水晶振動子101、102の電気的な接続図を示す。

【0029】図10に上記実施例の音叉型屈曲水晶振動子の周波数温度特性の一例を示す。図8の、一方の振動子101が温度特性120を、他方の振動子102が温度特性121を有する場合、電気的に並列に接続されると両水晶振動子の周波数温度特性は曲線122のようになる。即ち、本実施例の音叉型屈曲振動子は、曲線122に示すような周波数温度特性を有することとなり、これにより、温度変化に対して周波数変化の少ない安定した特性の水晶振動子とすることができる。この結果、本実施例の音叉型屈曲水晶振動子は超小型で、しかも、周波数温度特性に優れた水晶振動子を実現できる。

【0030】(実施例4) 図11は、本発明の第4実施例の音叉型屈曲水晶振動子の形状を示す上面図である。この実施例の音叉型屈曲水晶振動子は、先に述べた第3実施例における音叉型屈曲水晶振動子と同様に、2つの音叉型屈曲水晶振動子130と音叉型屈曲水晶振動子131とが互いの音叉の基部132を介して互いに大略平行な状態で一体に形成されたものである。また、図8に示すように第3実施例における音叉型屈曲水晶振動子では両振動子間に角度 ϕ を設けたが、本実施例では、振動子の外形寸法 x_1, y_1 と x_2, y_2 とを換えることにより各振動子の周波数温度特性を変えている。音叉型屈曲水晶振動子の場合、周波数温度特性は幅 x_1 と長さ y_1 との比(x_1/y_1)あるいは幅 x_2 と長さ y_2 との比(x_2/y_2)によって変わるので、各水晶振動子が異なる値を持つように設計する。その結果、前述の図10で示したような周波数温度特性122と同様に周波数

温度特性に優れた水晶振動子が得られる。

【0031】更に、図11の振動子形状について詳述すると、上述のように、一方の音叉型屈曲水晶振動子130は他方の音叉型屈曲水晶振動子131と両振動子音叉基部132で一体に接続されて形成されている。そして、音叉型屈曲水晶振動子130の音叉腕133、135には溝134、136が、更にその振動子130の音叉基部に溝137、138が設けられている。一方の音叉型屈曲水晶振動子131の音叉腕139、141には溝140、142が、又、その振動子131の音叉基部に溝143、144が設けられている。

【0032】かかる溝137、138、143、144を設けたことにより、それぞれの振動子130、131の音叉基部に発生する歪が大きくなるので、等価直列抵抗 R_1 の小さい音叉型屈曲振動子が得られる。そして、このような両音叉型屈曲水晶振動子130、131が音叉基部132で一体に接続されて形成されるので、小型化ができ、かつ、周波数温度特性の異なる2つの水晶振動子を容易に得ることができるとともに、これらの振動子を電気的に並列に接続することにより、より周波数温度特性に優れた音叉型屈曲水晶振動子を実現できる。

【0033】(実施例5) 図12は、本発明の第5実施例の音叉型屈曲水晶振動子145の上面図である。音叉型屈曲水晶振動子145は、音叉腕146、147と音叉基部148とを具えて構成されている。即ち、音叉腕146、147の一端部が音叉基部148に接続されている。本実施例では、音叉基部148にのみ複数の溝149、150、151、152が設けられている。

又、図12には示されていないが、音叉基部145の裏面にも溝149、150、151、152と対抗する位置に複数の溝が設けられている。又、溝149と溝150とは、音叉腕146と音叉腕147との各々の一端部が接続された音叉基部148内に設けられている。

【0034】更に、溝151と溝152は、音叉基部148の、溝149と溝150との間に挟まれた部分に設けられている。また、図12では、電極配置及びその構成法は図示されていないが、前述の第2実施例において図6で説明した電極配置とその構成方法は同じである。このように溝149、150、151、152を全て音叉基部148に設けるとともに第2実施例と同様の電極構成とすることにより、音叉基部148に発生する歪が大きくなるので、等価直列抵抗 R_1 の小さい音叉型屈曲振動子が得られる。

【0035】(実施例6) 図13は、本発明の第6実施例の音叉型屈曲水晶振動子153を示す上面図である。本実施例の音叉型屈曲水晶振動子153は、音叉腕154、155と音叉基部156とを具えて構成されている。音叉腕154と音叉腕155とには、音叉基部156にまで延在して設けられた溝157と溝158とが存在する。又、音叉基部156の、溝157と溝158と

の間に挟まれた部分には、溝159が設けられている。

【0036】図14は、図13の音叉型屈曲水晶振動子153の音叉基部156のF-F'断面の形状を示すものである。ここでは、図13の水晶振動子153の音叉基部156の断面形状並びに電極配置について詳述する。図14に示すように、この実施例の水晶振動子153では、音叉腕154とその腕に連結する音叉基部156との上下面に溝157と溝160とが互に対抗して設けられている。同様に、音叉腕155とその腕に連結する音叉基部156との上下面にも溝158と溝161とが互に対抗して設けられている。更に、溝157と溝158との間には、溝159が設けられ、又、溝160と溝161との間には溝162が溝159に対抗して設けられている。

【0037】そして、溝157と溝160とには同極となる電極163と電極164とが、溝159と溝162とには、電極165、166と電極167、168とが、溝158と溝161とには、同極となる電極169と電極170とがそれぞれ配置され、音叉基部156の両側面（図14中紙面の左右方向に向く面）には、互いに異極となる電極171と電極172とが配置されている。しかも、溝157、158、159、160、161、162によって形成された音叉基部156の凸部を挟んで対抗配置された電極は互いに異極となっている。即ち、電極165、167、169、170、171は一方の同極に、電極163、164、166、168、172は他方の同極になるように配置されていて、2電極端子構造G-G'を構成する。これにより、溝159には異極となる電極165と電極166とが配置され、同様に、溝162にも異極となる電極167と電極168とが配置されることとなる。更に、x軸方向に隣接する溝の側面に配置された対抗電極は異極となるように配置される。

【0038】即ち、本実施例では、溝159側の一方の側面に配置された電極165とそれに対抗する側面の電極173とは異極に、同様に、他方の側面に配置された電極166とそれに対抗する側面の電極174とは異極に、全く同様に、溝162側の一方の側面の電極167とそれに対抗する側面の電極175並びに、他方の側面の電極168とそれに対抗する側面の電極176とは互いに異極となるように配置されている。又、溝157とそれに対抗する厚さ（z方向）の溝160に配置された電極163と電極164とは同極になるように構成されている。全く同様に、溝158とそれに対抗する厚さ（z方向）の溝161とに配置された電極169と電極170とは同極になるように構成される。更に、溝157、160、158、161に配置された電極163、164、169、170及び音叉基部156の側面の電極171と電極172とは、音叉基部156から音叉腕154、155まで延在して配置されている。

【0039】今、2電極端子G-G'間に交番電圧を印加すると電界E_xは、図14中、実線と点線とで示した矢印方向に交互に働き、屈曲振動を引き起こす。又、電界E_xは、溝の側面に配置された電極間に電極に対して垂直に、即ち直線的に生じるので、電界E_xが大きくなり、且つ、音叉基部156にも溝159、162と電極165、166、167、168とが設けられているので、発生する歪の量が著しく大きくなる。即ち、音叉型屈曲水晶振動子を小型化させた場合でも、等価直列抵抗R₁の小さい、品質係数Q値の高い屈曲水晶振動子が得られる。

【0040】（実施例7）図15は、本発明の第7実施例の音叉型屈曲水晶振動子300の外観図とその座標系を示すものである。そして、図16は、図15の振動子300の上面図であり、又、図17は、図16の音叉型屈曲水晶振動子300のI-I'断面の形状を示す断面図である。図15に示すように、振動子300の座標系は水晶の結晶軸であるx軸（電気軸）廻りに回転角θ度回転されている。そして、水晶の結晶軸であるy軸（機械軸）およびz軸（光軸）の回転後の新軸はそれぞれy'軸又はz'軸とされており、かかる角度θは通常0°～10°の範囲内の角度に設定される。この音叉型屈曲水晶振動子300は、音叉腕301と音叉腕302と音叉基部303とを具えて構成された、厚さtを有するものである。さらに、音叉腕301には段差が設けられて、上面部301aと中面部301bとの間に段差部（上面部301aの内側面）304が形成され、その中面部301bおよび段差部304は音叉基部303にまで延在している。又、音叉腕302の上面にも音叉腕301と同様に図16及び図17に示すように中面部302bおよび段差部305が形成されている。そして、音叉基部303にも、上面部303a、中面部303b及び段差部306が形成されている。

【0041】即ち、図16に示すように、この振動子300の音叉腕301には段差部304が、一方、音叉腕302には段差部305が、それぞれ音叉基部303にまで延在して設けられ、それら段差部304及び段差部305は、音叉基部303の段差部306にそれぞれ接続されている。

【0042】さらに、図17に示すように、音叉腕301の下面にも上面と同様に段差が設けられて、下面部301cと中面部301dとの間に段差部307が形成され、その段差部307は音叉基部303にまで延在している。ここで、上面の段差部304は、音叉腕301の内側に向き、また、下面の段差部307は、音叉腕301の外側に向いている。そして、段差部304には電極308が、中面部301bにはその電極308に連なる電極309が配置されている。一方、段差部307には電極310が、中面部301dにはその電極310に連なる電極311が配置されている。また、音叉腕301

の、段差部304に配置された電極308に対抗する側面（音叉腕301の上面部301aの外側面）には電極312が配置され、段差部307に配置された電極310に対抗する側面（音叉腕301の下面部301cの内側面）には電極313が配置されている。

【0043】このように電極を配置することにより、電界Exは電極308と電極312間及び電極310と電極313間でそれら電極に垂直に働く。これと同様に音叉腕302にも、音叉腕301と左右対称に段差が設けられて各電極が配置されている。即ち、音叉腕302の、上面と下面とは段差部305、314、上面部302a及び中面部302bが設けられ、段差部305には電極315が、中面部302bにはその電極315に連なる電極316が配置されている。又、段差部314には電極317が、上面部302aにはその電極317に連なる電極318が配置されている。更に、音叉腕302の、電極315に対抗する側面（音叉腕302の上面部302aの外側面）には電極319が、電極317に対抗する側面（音叉腕302の中面部302bの内側面）には電極320が配置されている。更に、電極構成について詳述すると、電極308、309、310、311、319、320は一方の同極に、電極312、313、315、316、317、318は他方の同極にされて2電極端子K-K'を構成している。

【0044】今、電極端子K-K'に交番電圧を印加すると、電界Exは図17の実線と点線との矢印で示すように電極間に垂直かつ交互に働き、屈曲振動を容易に引き起こすことができる。この結果、損失等価直列抵抗 R_1 の小さい、品質係数Q値の高い音叉型屈曲水晶振動子が得られる。

【0045】（実施例8）図18は、本発明の第8実施例の音叉型屈曲水晶振動子321の外観図とその座標系を示すものである。そして、図19は、図18の振動子321の上面図であり、又、図20は、図19の音叉型屈曲水晶振動子321のJ-J'断面の形状を示す断面図である。なお、本実施例の座標系は図15に示す座標系と同じである。ここでの音叉型屈曲水晶振動子321は、音叉腕322と音叉腕323と音叉基部324とを具えて構成され、厚みtを有している。

【0046】さらに、音叉腕322には段差が設けられて、図18及び図20に示すように、上面部322a、中面部322b、中面部322d及び下面部322cが形成されるとともに、段差部（上面部322aの内側面）325が形成され、その中面部322bおよび段差部325は音叉基部324にまで延在している。又、音叉腕323の上面にも音叉腕322と同様に図19及び図20に示すように中面部323bおよび段差部326が形成されている。そして、音叉基部324にも、上面部324a、中面部324bおよび下面部324c（図示されていない）及び段差部327が形成されている。

【0047】即ち、図19と図20に示すように、音叉腕322および音叉腕323には段差部325と段差部326が設けられ、それら段差部325、326は、音叉基部324にまで延在し、段差部327に接続されている。さらに、音叉腕322の上面には段差部325と下面には段差部328とが設けられ、又、音叉腕323の上面には段差部326と下面には段差部329とが設けられている。

【0048】ここで、上面の段差部325および下面の段差部328は音叉腕322の内側に向き、上面の段差部326および下面の段差部329は音叉腕323の内側に向いている。そして、段差部325には電極330が、中面部322bにはその電極330に連なる電極331が配置され、又、段差部328には電極332が、中面部322dにはその電極332に連なる電極333が配置される。更に、音叉腕322の内側面には電極334が、音叉腕322の外側面には電極335が配置されている。これにより、電極330および電極332に対抗するように異極の電極335が配置されることとなる。

【0049】かかる音叉腕322と同様に、音叉腕323にも音叉腕322と左右対称に段差が設けられて各電極が配置されている。即ち、音叉腕323には、段差部326、329、上面部323a、中面部323b、中面部323d及び下面部323cが設けられ、段差部326には電極336が、中面部323bにはその電極336に連なる電極337が配置される一方、段差部329には電極338が、中面部323dにはその電極338に連なる電極339が配置されている。又、音叉腕323の内側面には電極340が、音叉腕323の外側面には電極341が配置されることから、電極336および電極338に対抗するように異極の電極341が配置された構成となる。さらに、図20に示すように、電極330、331、332、333、340、341は一方の同極に、電極334、335、336、337、338、339は他方の同極にされ、2電極端子L-L'を構成する。

【0050】今、2電極端子L-L'に交番電圧を印加すると、電界Exは図20の実線と点線との矢印で示すように電極間に垂直かつ交互に働き、屈曲振動を容易に引き起こすことができる。この結果、損失等価直列抵抗 R_1 の小さい、品質係数Q値の高い音叉型屈曲水晶振動子が得られる。なお、本実施例では、音叉腕322、323の内側に中面部322b、322d、323b、323dを設けているが、音叉腕322、323の外側に中面部を設けても同様の効果を有する。

【0051】（実施例9）図21は、本発明の第9実施例の音叉型屈曲水晶振動子342の上面図を示すものである。本実施例では、複数個の音叉型屈曲水晶振動子としての、3個の音叉型屈曲水晶振動子343、344、

345が音叉基部で接続されて一体に形成されている。なお、各振動子343、344、345は、上記第7実施例における音叉型屈曲水晶振動子300又は第8実施例における音叉型屈曲水晶振動子321と同様に、段差の形成されたものを用いている。ここでは、第1の振動子343は、音叉腕346と音叉腕347と音叉基部348とを具えて構成されている。又、第2の振動子344は、音叉腕349と音叉腕350と音叉基部351とを具えて構成されている。更に、第3の振動子345は、音叉腕352と音叉腕353と音叉基部354とを具えて構成されている。

【0052】そして、第1の振動子343と第2の振動子344とは、音叉基部348と音叉基部351とが基部部分355を介して一体に形成されている。同様に、第2の振動子344と第3の振動子345とは、音叉基部351と音叉基部354とが基部部分356を介して一体に形成されている。これらの振動子343、344、345は、音叉腕の幅と音叉腕の長さの比が互いに異なるように設計されている。このようにすることにより、周波数温度特性の互いに異なる三種類の音叉型屈曲水晶振動子343、344、345が一体として（1個の水晶振動子として）得られる。又、これらの振動子343、344、345を電気的に並列に接続することにより、第3および第4実施例と同様にして周波数温度特性を改善することができる。なお、本実施例では3個の振動子について説明したが、より多くの振動子を接続しても同様の効果が得られる。

【0053】更に、複数個の音叉型屈曲水晶振動子が音叉基部で接続され一体に形成された各音叉型屈曲水晶振動子の振動モードは、各振動子が同じ振動モードで振動するように各振動子に電極を配置しても良く、あるいは隣接する振動子の振動モードが互いに逆相になるように各振動子に電極を配置しても良い。又、第3、第4実施例及び第9実施例の音叉型屈曲水晶振動子では、各振動子の音叉基部の側面で接続され一体に形成されているが、本発明では、音叉基部の側面での接続、一体形成に限定されるものでなく、音叉基部での接続、一体形成であればいかなる形状での接続、一体形成をも包含するものである。

【0054】以上、図示例に基づき説明したが、この発明は上述の例に限定されるものではなく、例えば、上記第3、第4実施例及び第9実施例における音叉型水晶振動子では、二本の音叉腕を有する音叉型屈曲水晶振動子であって互いに特性が異なる二種類又は三種類の屈曲振動子を一体に結合して形成しているが、一体結合する各音叉型屈曲振動子は、三本以上の複数本の音叉腕を有するものであっても良く、また一体結合する音叉型屈曲振動子の種類は四種類以上であっても良い。

【0055】更に、第3実施例では、2個の音叉型屈曲水晶振動子を角度 ϕ にて、互いの音叉基部で一体に形成

しているが、各振動子の音叉基部は平行にして角度 ϕ を二本の音叉腕が内側に向くように、あるいは外側に向くように形成しても良い。

【0056】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の屈曲水晶振動子のような、振動子形状と電極とを有する音叉型屈曲水晶振動子を提供することにより、次の如き著しい効果が得られる。

(1) 音叉腕の中立線を挟んで溝を設けることにより、電界が垂直に働く。その結果、電気機械変換効率が良くなるので、等価直列抵抗 R_1 の小さい音叉型屈曲水晶振動子が得られる。同時に、品質係数 Q 値が高くなる。

(2) 屈曲水晶振動子を小型化させた場合でも等価直列抵抗 R_1 を小さくすることができる。

(3) 2個の音叉型屈曲水晶振動子をエッチング法によって一体に形成でき、小型で周波数温度特性に優れた水晶振動子を実現できる。

(4) 水晶振動子をエッチング法によって形成できるので、量産性に優れ、1枚のウエハ上に多数個の振動子を一度にバッチ処理にて形成できるので、安価な水晶振動子を実現できる。

(5) 本発明の振動子は音叉形状に加工されるので、リード線等の支持による振動エネルギー損失が小さくなり、耐衝撃性に優れた音叉型の屈曲水晶振動子が得られる。

(6) 音叉基部に複数個の溝を設け、隣接する溝の側面に対抗して異極となる電極が配置されるので、歪の発生量を著しく大きくすることができる。その結果、等価直列抵抗 R_1 の小さい、品質係数 Q 値の高い超小型の音叉型の屈曲水晶振動子が得られる。

(7) 音叉腕の中立線を挟んで溝を設け、当該溝に電極を配置し、かかる溝が音叉基部にまで延在しているので、音叉基部での歪の量が著しく大きくなる。それ故、等価直列抵抗 R_1 の小さい、品質係数 Q 値の高い超小型の音叉型の屈曲水晶振動子が得られる。

(8) 音叉腕の幅方向の上下面に段差を設けることにより形成される段差部に電極が配置され、前記電極に対抗する音叉腕の側面には前記電極と異極となる電極が配置されているので、電気機械変換効率が非常に良くなる。その結果、等価直列抵抗 R_1 の小さい、品質係数 Q 値の高い音叉型屈曲水晶振動子を実現できる。

(9) 音叉腕に段差を設けているので、十分な電気機械変換効率を維持したまま音叉腕の幅を著しく小さくできる。即ち、小型化が可能である。

(10) 複数個の音叉型屈曲水晶振動子を一体に形成し、更に、電気的に並列に接続されるので等価直列抵抗 R_1 が小さくなる。例えば、2個の場合で同じ等価直列抵抗 R_1 を有する時、本発明の振動子では半分の等価直列抵抗 R_1 になる。それゆえ、一体結合する振動子の個数を増やすことができ、これにより、更に等価直列抵抗

R_1 を小さくすることができる。

(11) 複数の音叉型屈曲水晶振動子を一体に形成するので、何らかの理由でそれら振動子のうちの1個が破損しても、振動子としての機能を維持することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の屈曲水晶振動子の第1実施例の音叉型屈曲水晶振動子の音叉形状の具体例の外観図とその座標系を示す。

【図2】 図1の音叉腕A-A'断面図とB-B'断面図である。

【図3】 図1の音叉型屈曲水晶振動子の上面図である。

【図4】 図3の音叉型屈曲水晶振動子を下方から見た図である。

【図5】 本発明の屈曲水晶振動子の第2実施例の、音叉型屈曲水晶振動子の音叉形状の具体例の外観図とその座標系を示す。

【図6】 図5の音叉型屈曲水晶振動子の音叉基部D-D'断面図である。

【図7】 図5の音叉型屈曲水晶振動子の上面図である。

【図8】 本発明の屈曲水晶振動子の第3実施例の音叉型屈曲水晶振動子の上面図である。

【図9】 図8の音叉型屈曲水晶振動子の電気的な接続図である。

【図10】 上記第3実施例の音叉型屈曲水晶振動子の周波数温度特性の一例を示す関係線図である。

【図11】 本発明の屈曲水晶振動子の第4実施例の音叉型屈曲水晶振動子の上面図である。

【図12】 本発明の屈曲水晶振動子の第5実施例の、音叉型屈曲水晶振動子の上面図である。

【図13】 本発明の屈曲水晶振動子の第6実施例の、音叉型屈曲水晶振動子を示す上面図である。

【図14】 図13の音叉型屈曲水晶振動子の音叉基部のF-F'断面図である。

【図15】 本発明の屈曲水晶振動子の第7実施例の、音叉型屈曲水晶振動子の外観図とその座標系を示す。

【図16】 上記第7実施例の、音叉型屈曲水晶振動子の上面図である。

【図17】 図16の音叉腕のI-I'断面の形状を示す断面図である。

【図18】 本発明の屈曲水晶振動子の第8実施例の、音叉型屈曲水晶振動子の外観図とその座標系を示す。

【図19】 図18の音叉型屈曲振動子を示す上面図である。

【図20】 図19の音叉腕のJ-J'断面の形状を示す断面図である。

【図21】 本発明の屈曲水晶振動子の第9実施例の、音叉型屈曲水晶振動子の外観図とその座標系を示す。

【図22】 従来の音叉型の屈曲水晶振動子とその座標系とともに示す斜視図である。

【図23】 図22の従来の音叉型の屈曲水晶振動子の音叉腕を示す断面図である。

【符号の説明】

x, y, z 水晶の結晶軸

1, 19, 101, 102, 130, 131, 145, 153, 200, 300, 321, 342, 343, 344, 345 音叉型屈曲水晶振動子

2, 3, 20, 26, 104, 106, 108, 109, 133, 135, 139, 141, 146, 147, 154, 155, 201, 202, 301, 302, 322, 323, 346, 347, 349, 350, 352, 353 音叉腕

5, 6, 11, 12, 21, 22, 27, 28, 32, 33, 36, 105, 107, 109, 111, 134, 136, 137, 138, 140, 142, 143, 144, 149, 150, 151, 152, 157, 158, 159, 160, 161, 162 溝

4, 40, 103, 132, 148, 156, 303, 324, 348, 351, 354 音叉基部

355, 356 基部分

7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 23, 24, 25, 29, 30, 31, 34, 35, 38, 39, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341

電極

17, 18, 41, 42 音叉腕の中立線

304, 305, 306, 307, 314, 325, 326, 327, 328, 329 段差部

301a, 302a, 303a, 322a, 323a, 324a 上面部

301b, 301d, 302b, 302d, 303b, 322b, 322d, 323b, 323d, 324b 中面部

301c, 302c, 322c, 323c, 324c 下面部

Ex, Ez x軸とz軸方向の電界

C-C', E-E', H-H', G-G', K-K', L-L' 電極端子

W₂ 溝幅

W 音叉腕の全幅

W₁, W₃ 音叉腕の部分幅

l₁ 溝の長さ

l₂ 音叉基部の長さ

1 音叉型水晶振動子の全長

t 厚さ

A-A', B-B', D-D', F-F', I-I',

J-J' 断面記号

173, 174, 175, 176 側面の電極

【外1】

⊕ 正極

【外2】

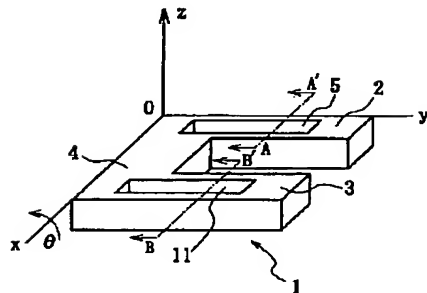
⊖ 負極

120, 121 音叉型屈曲水晶振動子の周波数温度特性

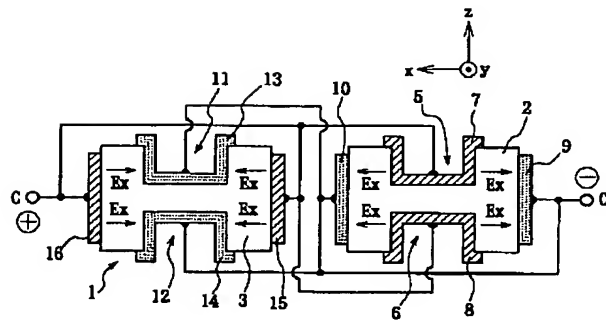
122 補正された周波数温度特性

 x_1, x_2 音叉腕の幅 y_1, y_2 音叉腕の長さ θ, ϕ 角度

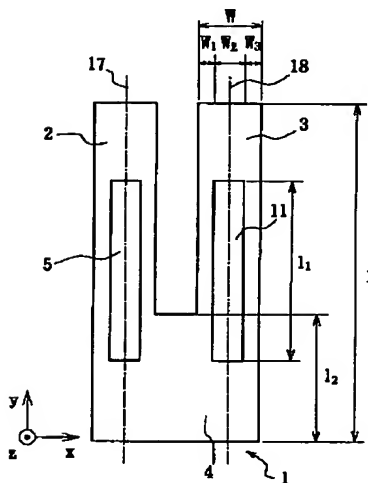
【図1】



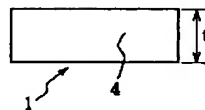
【図2】



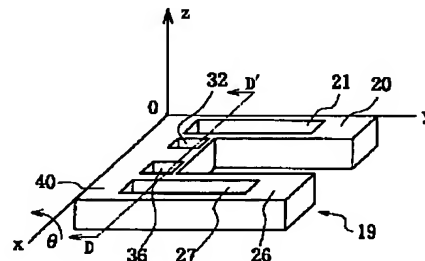
【図3】



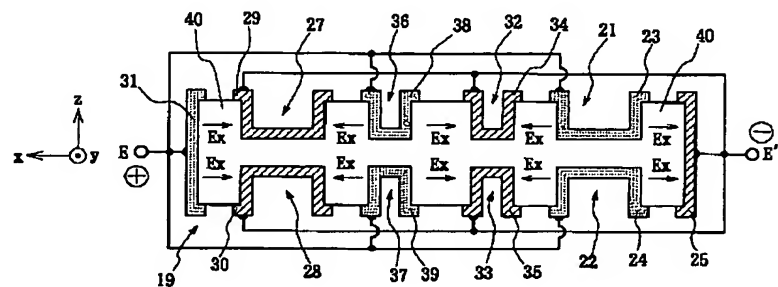
【図4】



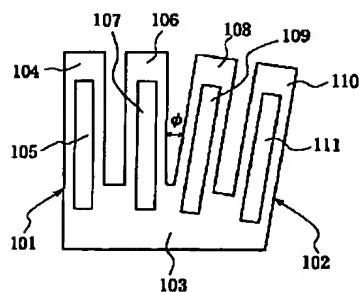
【図5】



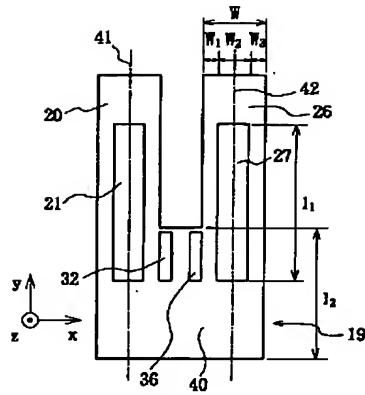
【図6】



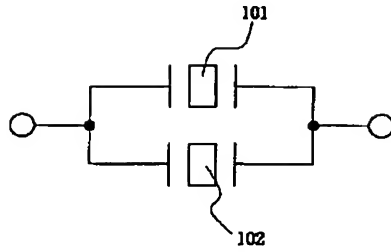
【図8】



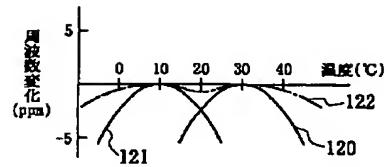
【図7】



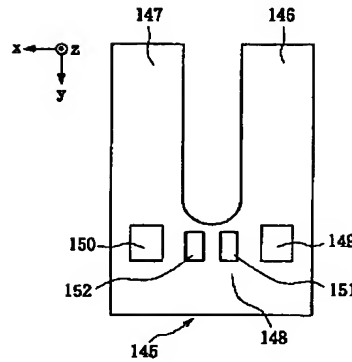
【図9】



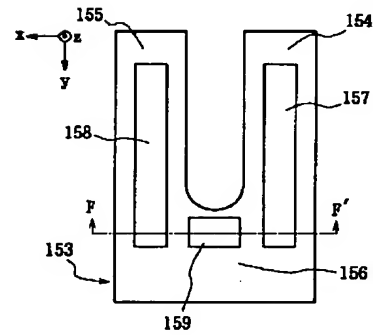
【図10】



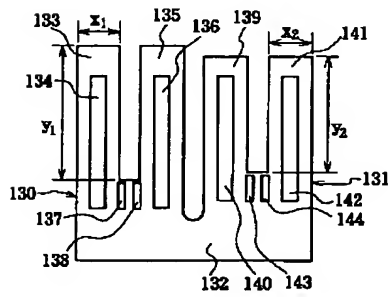
【图 12】



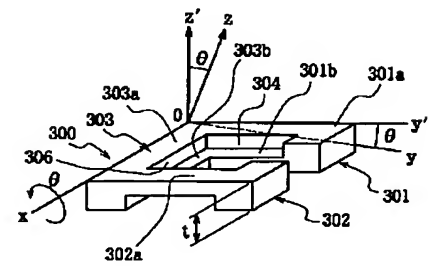
【图13】



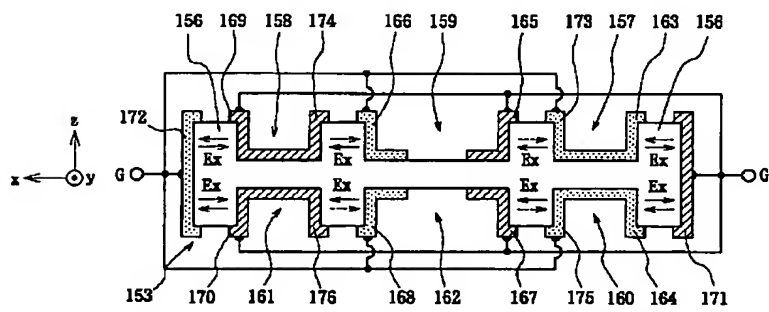
【図 1 1】



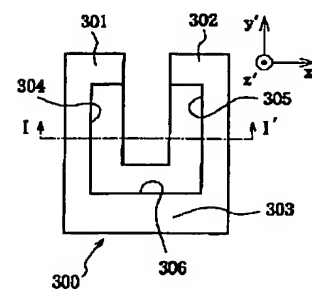
【図15】



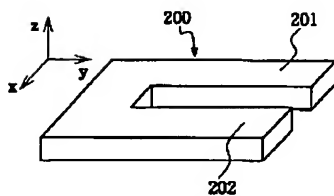
【図14】



【図16】



【図22】



界E xは電極308と電極312間及び電極310と電極313間でそれぞれ電極に垂直に働く。これと同様に音叉腕302にも、音叉腕301と左右対称に段差が設けられて各電極が配置されている。即ち、音叉腕302の、上面と下面とは段差部305、314、上面部302a及び中面部302bが設けられ、段差部305には電極315が、中面部302bにはその電極315に連なる電極316が配置されている。又、段差部314

には電極317が、中面部302dにはその電極317に連なる電極318が配置されている。更に、音叉腕302の、電極315に対抗する側面（音叉腕302の上面部302aの外側面）には電極319が、電極317に対抗する側面（音叉腕302の中面部302bの内側面）には電極320が配置されている。更に、電極構成について詳述すると、電極308, 309, 310, 311, 319, 320は一方の同極に、電極312, 313, 315, 316, 317, 318は他方の同極に

されて2電極端子K-K'を構成している。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図21

【補正方法】変更

【補正内容】

【図21】 本発明の屈曲水晶振動子の第9実施例の、音叉型屈曲水晶振動子の上面図である。